ChinaXiv合作期刊

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

干旱区耕地质量等级评价及土壤养分与盐渍化的分析研究
——以民勤绿洲为例

马倩倩[1]，董　博[2]，许旺旺[1]，蔡立群[1,2]，武　均[1,2]

（1. 甘肃农业大学资源与环境学院，甘肃 兰州 730070；
2. 甘肃农业大学甘肃省干旱生境作物学重点实验室，甘肃 兰州 730070）

摘　要：为整体掌握民勤绿洲耕地质量、土壤养分以及盐渍化状况等，充分利用县域耕地资源，分析研究民勤绿洲耕地质量等级划分及其耕地土壤养分和盐渍化现状，为及时准确掌握绿洲耕地地力状况提供科学依据，同时为绿洲耕地土壤养分、盐渍化障碍提供改良措施。基于农业农村部《耕地质量调查监测与评价办法》（农业部2016年第2号）和《耕地质量等级》国家标准（GB/T33469-2016）的相关要求，构建民勤绿洲县域评价体系，通过综合运用空间分析、模糊数学、层次分析和综合指数等方法，对民勤绿洲耕地质量等级进行综合评价。结果表明：（1）民勤绿洲耕地质量平均等级为3.26等；分布有一至七等级地，八、九、十等级地没有分布；以三、四等级地为民勤绿洲耕地的主要等级分布，面积占比分别为31.63%、28.27%。泉山区中部和坝区灌溉农业区多分布一、二等级地。湖区灌溉区多分布三、四等地。在绿洲边缘带较多分布五、六、七等地。（2）民勤绿洲耕地土壤有机质平均含量在10.00~15.00 $g\cdot kg^{-1}$之间，全氮平均含量在0.50~1.00 $g\cdot kg^{-1}$之间，总体处于较低水平。有效磷和速效钾总体处于中等水平。昌宁区、泉山区与坝区交界东北部以及湖区镇（昌宁镇、东湖镇、南湖镇、泉山镇、西渠镇）耕地土壤养分平均含量较均低。（3）民勤绿洲盐渍化耕地的面积为32240.36 hm^2，占民勤绿洲耕地总面积的30.09%；主要以轻度盐渍化为主。轻度盐渍化多分布在湖区红沙岗镇、红沙梁镇、西渠镇等镇；中度盐渍化分布在昌宁镇以及环河区沿风沙线一带。其评价结果对民勤绿洲耕地资源的科学管理和可持续利用以及绿洲农业的发展具有重要意义。

关 键 词：耕地质量等级评价；层次分析法；县域耕地资源管理信息系统；民勤绿洲
文章编号：

chinaXiv:202104.00054v1

耕地是人类赖以生存且不可再生的自然资源，是农业生产中非常重要且无法替代的部分[1]。耕地质量的好坏直接影响着农业的产业结构、耕地的产出水平及农产品的质量。耕地的分等定级对实现耕地资源的全面、协调、可持续发展十分重要，是实现对耕地保护由数量管理向质量管理并重的重要基础。在干旱区，土壤是绿洲植被生长的载体，土壤质量的好坏直接影响着绿洲植被的生长[2]。民勤绿洲地处甘肃省河西走廊东北部，属典型的温带大陆性干旱气候区。气候干燥，日照时间长，光辐射强，昼夜温差大，自然条件得天独厚，非常适宜于农作物尤其是瓜果类的糖分积累，是我国典型的干旱绿洲农业[3]。近年来，由于大量开采地下水资源，导致地下水位不断下降，水质矿化度升高，土地荒漠化、盐渍化面积大幅度增加，严重制约了干旱地区农业的发展[4]。研究学者对民勤绿洲的不同土地利用方式下土壤水分、盐分、养分的变化进行了研究，李丹等[5]基于民勤绿洲耕地荒地退耕还林地对土壤水分、养分和盐分进行了分析研究。柳菲等[6]研究不同利用类型下（耕地、林地、草地、湿地、盐碱地、

收稿日期：2020-02-16；　**修订日期**：2020-09-08
基金项目：民勤县耕地质量等级调查评价（XZ20190321）资助
作者简介：马倩倩(1994-)，女，硕士研究生，主要从事对土壤耕地资源利用的研究. E-mail: 694709379@qq.com
通讯作者：蔡立群（1976-），男，博士，教授，主要从事恢复生态学、耕作学方面的研究. E-mail: cailq@gsau.edu.cn

ChinaXiv合作期刊

撂荒地和荒漠)土壤的水盐特征,其研究结果表明研究区土壤含盐量高,盐渍化程度严重。但目前,对民勤绿洲耕地质量等级划分及其土壤养分和盐渍化现状分析研究未见报道。本文基于农业农村部下发的关于《耕地质量调查监测与评价办法》(农业部2016年第2号)和《耕地质量等级》国家标准(GB/T33469-2016),按照《中国农业综合区划》,民勤绿洲属甘新区蒙宁甘农牧二级区。以2018年耕地质量等级监测点位数据和耕地质量评价数据库为数据来源,利用县域耕地资源管理信息系统对民勤绿洲耕地进行科学评价。分析民勤绿洲耕地质量状况,为民勤绿洲耕地质量的保护与提升等提供科学依据和对策。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

民勤绿洲位于甘肃省石羊河下游民勤绿洲境内,西、北、东3面被巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠包围,南部为走廊北山东段的断弦弧山,中部有石羊河冲积成狭长而平坦的绿洲带,是我国典型的荒漠绿洲之一。属较为典型的温带干旱荒漠气候,日照时间长,昼夜温差大,四季多风,年平均气温7.8 ℃,平均无霜期163 d,有效积温3655.6 ℃,全年干旱少雨(雪),年蒸发量2644 mm,空气年平均相对湿度45%,干燥度大于5.5,为全国最干旱地区之一。民勤绿洲区属平原地貌,可分为冲积—洪积平原、风积平原、湖积平原。其土壤类型可分为7个土类,31个亚类,主要包括灰棕漠土、盐土、风沙土、草甸土、灌淤土;其中盐土是分布面积较大的地域性土壤、灌淤土是主要的耕作土壤之一[7]。绿洲灌溉农业是西北地区的主要农业类型,根据灌溉渠系的差别将民勤绿洲划分为坝区、泉山区、湖区三大灌区[8],本文参照其划区标准对民勤绿洲等级地空间分布进行分析。

1.2 评价方法与步骤

耕地质量评价的方法主要包括经验判断层次分析法、模糊综合评价法、指数法、灰色关联度分析法、回归分析法等。民勤绿洲耕地质量等级评价是依据《耕地质量等级》国家标准(GB/T33469-2016),在对耕地的立地条件、养分状况、耕层理化性状、剖面性状、健康状况进行分析的基础上,充分利用地理信息系统(GIS)技术,通过空间分析、层次分析、综合指数等方法,对耕地质量进行综合评价。具体步骤如下:

1.2.1 *资料收集与整理*　评价收集地理位置、自然条件、生产条件、土壤剖面性状等野外调查资料;土壤有机质、pH及土壤大、中、微量元素含量的测试化验分析资料;统计年鉴、农业统计年鉴等统计资料;第二次土壤普查相关资料、高标准农田建设等农田基础设施建设资料、水利区划相关资料、耕地质量监测点数据资料及历年相关田间试验资料等其他资料。

1.2.2 *数据采集与处理*　评价样点的布设直接影响着耕地质量评价的准确与否。基本原则为保证评价样点具有典型性和代表性同时要兼顾空间分布的均匀性。样点布设时,通过土壤图、土地利用现状图和行政区划图叠加形成评价单元,根据评价单元的数量、面积、土壤类型、种植制度、种植作物类型、产量水平以及农村部下发的关于《耕地质量调查监测与评价办法》(农业部2016年第2号)下达给甘肃各省(区)相关要求,确定耕地质量评价样点的数量及点位,确保每个评价单元有样点,力求点位均匀分布。

2018年全县总计采取128个土壤样品,覆盖县辖18个镇,大致按照每667 hm^2布设1个样点的标准进行布点,采样深度为0~20 cm、采样路线为“S”型,样品重量在1 kg左右,注明采样地点、采土深度、采样日期、采样人,标签一式两份,与此同时做好采样记录。样品检测依据《耕地质量等级》(GB/T33469-2016)、《土壤检测》(NY/T1121)等现行有效标准开展土壤样品检测工作。

1.2.3 *评价单元的划分与数据获取*　评价单元是影响耕地质量的诸要素所组成一个空间实体,是评价的最小单元。所以评价单元确定的合理与否直接关系到评价结果合理性以及评价工作量的大小。根据因素差异性、相似性和边界完整性原则,采用土壤图、耕地利用现状图和民勤绿洲行政区划图的组合叠加方法划分评价单元,科学获取评价单元数据。对土壤养分含量等定量数据,采用空间插值方法,将点位数据转化为栅格数据叠加到评价单元图上,获取各单元数据信息;对灌溉能力等定性因子,采用以点带面方法,将点位中的属性连入评价单元图。本次在土壤图、耕地利用现状图和民勤绿洲行政区划图叠加求交得到的管理单元的基础上,考虑到系统的运行效率和管理单元的破碎程度,将面积

chinaXiv:202104.00054v1

ChinaXiv合作期刊

小于5000 m²的小多边形与其相邻的单元进行合并，得到了民勤绿洲耕地资源管理单元图，共生成2065个管理单元。

1.2.4 评价指标及其权重的确定 根据指标选取的原则，按照甘新区耕地质量等级的评价标准，针对民勤绿洲耕地质量评价的要求和特点，建立目标层、准则层、指标层3个层次结构。目标层即耕地质量，准则层包括立地条件、土壤管理、养分状况、剖面性状、耕层理化性状、健康状况，指标层16个评价指标。应用特尔斐法和层次分析法相结合的方法确定民勤绿洲指标权重(表1)。

1.2.5 评价指标隶属函数构建 隶属函数类型包括戒上型、峰型、戒下型、直线型、概念型等5类函数。对概念型数据，直接采用特尔斐法给出隶属度(表2~9)。

表1 民勤绿洲耕地质量等级评价指标权重

Tab. 1 Index weights of cultivated land quality grade evaluation indicators in Minqin County

指标名称	指标权重	指标名称	指标权重
地形部位	0.1493	障碍因素	0.0535
灌溉能力	0.1207	农田林网化	0.0528
盐渍化程度	0.0750	有效土层厚	0.0462
耕层质地	0.0728	速效钾	0.0393
有机质	0.0715	地下水埋深	0.0381
排水能力	0.0670	土壤容重	0.0364
有效磷	0.0625	生物多样性	0.0305
质地构型	0.0571	清洁程度	0.0272

表2 民勤绿洲耕地质量等级评价函数型指标及其隶属函数

Tab. 2 Functional index of cultivated land quality grade evaluation and its membership function in Minqin County

指标名称	函数类型	函数公式	a值	c值	u_1值	u_2值
有机质	戒上型	$y=1/[1+a\times(u-c)^2]$	0.001245	39.976682	2.0	39.0
有效磷	戒上型	$y=1/[1+a\times(u-c)^2]$	0.001293	41.023703	2.0	40.0
速效钾	戒上型	$y=1/[1+a\times(u-c)^2]$	0.000210	315.812898	20.0	315.0
土壤容重	峰型	$y=1/[1+a\times(u-c)^2]$	6.390020	1.310488	0.5	2.0
有效土层厚	戒上型	$y=1/[1+a\times(u-c)^2]$	0.000089	149.661697	10.0	145.0
地下水埋深	戒上型	$y=1/[1+a\times(u-c)^2]$	0.000293	56.275087	0.1	50.0

表3 民勤绿洲耕地质量等级评价地形部位及其隶属度

Tab. 3 Topographical position and membership grade of cultivated land quality evaluation in Minqin County

地形部位描述	冲积平原	河谷平原	河谷阶地	洪积平原	黄土塬	黄土台塬	河漫滩	低台地	黄土残塬	低丘陵	黄土坪
地形部位隶属度	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

表4 民勤绿洲耕地质量等级评价灌溉能力及其隶属度

Tab. 4 Cultivated land quality grade evaluation irrigation capacity and its membership grade in Minqin County

灌溉能力描述	充分满足	满足	基本满足	不满足
灌溉能力隶属度	1.0	0.8	0.6	0.4

表5 民勤绿洲耕地质量等级评价排水能力及其隶属度

Tab. 5 Cultivated land quality grade evaluation drainage capacity and its membership grade in Minqin County

排水能力描述	充分满足	满足	基本满足	不满足
排水能力隶属度	1.0	0.8	0.6	0.4

表6 民勤绿洲耕地质量等级评价质地构型及其隶属度

Tab. 6 Cultivated land quality grade evaluation texture configuration and membership grade in Minqin County

质地构型描述	薄层型	松散型	紧实型	夹层型	上紧下松型	上松下紧型	海绵型
质地构型隶属度	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5	1.0	0.9

表7 民勤绿洲耕地质量等级评价耕层质地及其隶属度

Tab. 7 Cultivated land quality grade evaluation cultivated layer texture and its membership grade in Minqin County

耕层质地描述	砂土	砂壤	轻壤	中壤	重壤	黏土
耕层质地隶属度	0.4	0.7	0.9	1.0	0.8	0.5

chinaXiv:202104.00054v1

ChinaXiv合作期刊

表8　民勤绿洲耕地质量等级评价障碍因素及其隶属度

Tab. 8　Obstacle factors and their membership grade in the evaluation of cultivated land quality in Minqin County

障碍因素描述	盐碱	瘠薄	渍潜	障碍层次	沙化	无
障碍因素隶属度	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	1.0

表9　民勤绿洲耕地质量等级评价盐渍化程度及其隶属度

Tab. 9　Cultivated land quality grade evaluation salinization degree and its membership grade in Minqin County

盐渍化程度描述	轻度	中度	重度	盐土	无
盐渍化程度隶属度	0.9	0.8	0.4	0.3	1.0

1.2.6　耕地质量的综合评分与定级　根据《耕地质量等级》(GB/T33469−2016)，采用累加法计算各评价单元的耕地质量综合指数(IFI)，公式如下：

$$IFI = \sum(F_i \times C_i) \quad (1)$$

式中：IFI为耕地质量综合指数；F_i 为第 i 个评价指标的隶属度；C_i 为第 i 个评价指标的组合权重。

采用等距离法将耕地质量划分为10个等级。按照民勤绿洲耕地质量等级划分标准，民勤绿洲IFI值在一至七等地之间，并民勤绿洲耕地质量区域评价结果进行了集中审查，通过产量验证、对比验证、专家验证与实地验证相结合方式验证评价结果，确保耕地质量等级结果数据科学准确、符合地方实际(表10)。

1.2.7　耕地质量主要性状指标分级标准　民勤绿洲耕地土壤养分分级标准以甘新区蒙宁甘农牧二级区为准(表11)。

表10　民勤绿洲耕地地力等级划分标准

Tab. 10　Classification criteria of cultivated land fertility in Minqin County

耕地质量等级	一等地	二等地	三等地	四等地	五等地	六等地	七等地
综合指数(IFI)	≥0.8401	0.8181~0.8401	0.7941~0.8181	0.7701~0.7941	0.7461~0.7701	0.7221~0.7461	0.6981~0.7221

表11　民勤绿洲耕地质量主要性状分级标准

Tab. 11　Grading standards for main traits of cultivated land quality in Minqin County

指标	分级				
	1级(高)	2级(较高)	3级(中)	4级(较低)	5级(低)
有机质/$g \cdot kg^{-1}$	>25.00	20.00~25.00	15.00~20.00	10.00~15.00	≤10.00
全氮/$g \cdot kg^{-1}$	>1.80	1.50~1.80	1.00~1.50	0.50~1.00	≤0.50
有效磷/$mg \cdot kg^{-1}$	>40.00	30.00~40.00	20.00~30.00	10.00~20.00	≤10.00
速效钾/$mg \cdot kg^{-1}$	>250.00	200.00~250.00	150.00~200.00	100.00~150.00	≤100.00

2　评价结果及其分析

2.1　民勤绿洲耕地质量评价等级分析

民勤绿洲耕地质量等级调查总面积为107160.14 hm^2。民勤绿洲耕地质量等级由高到低依次划分为一等至七等，没有八、九、十等级地的分布。通过耕地质量等级面积加权法，计算得到民勤绿洲耕地质量平均等级为3.26等。一等地到七等地面积占比分别为7.94%、18.73%、31.63%、28.27%、9.61%、2.47%、1.34%，其中，二、三、四等耕地面积占比较大(图1)。

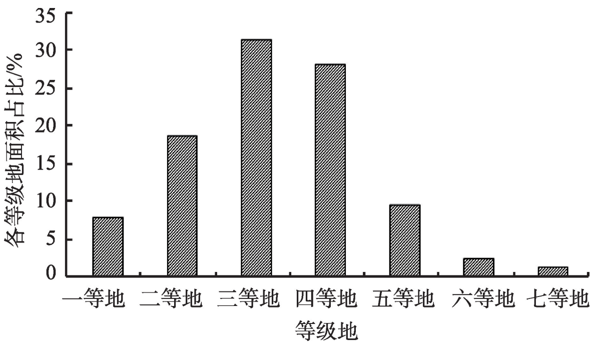


图1　民勤绿洲各等级地分布比例

Fig. 1　Distribution area and proportion of each grade in Minqin County

chinaXiv:202104.00054v1

ChinaXiv合作期刊

参照坝区、泉山区、湖区三大灌溉渠系对民勤绿洲等级地空间分布进行分析,其结果表明:一、二等级地多分布在民勤泉山区中部和坝区一带,大滩镇分布一等地面积最大,占比可达28.92%;双茨科镇分布二等地面积最大,占比可达12.64%。昌宁镇、蔡旗镇、重兴镇均有零星分布。一、二等级地灌溉保证率高,地下水质好,生产性能高、少障碍因素,可耕性强,土壤类型以灌淤土、草甸土和潮土为主。三、四等地多分布于湖区,其中西渠镇三、四等级地分布面积较多,占比分别为10.42%、15.88%。红沙梁镇、夹河镇、泉山镇等镇均有零星分布。三、四等级地灌溉条件和水质总体弱于一、二等地,湖区土壤主要是湖相沉积的盐化灌淤土,土壤盐渍化较为严重,虽然平均积温较环湖区高,但由于土壤存在盐碱危害,湖区灌淤土比坝区灌淤土低2个等级。五、六、七等地较多分布在绿洲边缘,其中南湖镇集中分布六、七等地,面积占比分别达50.15%、99.99%。受风沙影响较严重,有效土层薄,灌溉保证率一般,可耕性差,土壤多以风沙土和盐土为主(图2、表12)。

2.2 民勤绿洲耕地土壤养分与盐渍化及其空间分布特征分析

2.2.1 土壤养分及空间分布特征分析 保护土壤、培肥地力,不断提高土壤的生产能力是农业可持续发展的重要目标[9]。在耕地地力评价过程中,土壤养分状况在一定程度上决定了耕地地力的高低[10],因此了解土壤养分的变化情况对研究其耕地地力具有实际意义。依据甘新区土壤养分分级标准,分析土壤养分等级分布状况,结果表明:土壤有机质和全氮处于较低水平、有效磷和速效钾处于中等水平。具体表现为:土壤有机质含量主要集中在10.00~15.00 g·kg^{-1}之间,属于较低水平,其面积占比达81.39%;在高水平和较高水平均没有分布,可见,民勤绿洲耕地土壤有机质含量普遍较低。土壤全氮含量集中分布在0.50~1.00 g·kg^{-1}之间,属于较低水平,其面积占比达97.33%;高水平和较高水平没有分布,中等级别面积占比仅为0.14%,土壤氮素明显缺乏。土壤有效磷集中分布在20.00~30.00 mg·kg^{-1}之间,属于中等水平,其面积占比64.69%;土壤速效钾集中分布在150.00~200.00 mg·kg^{-1},属于中等水平,其面积占比57.74%;土壤速效钾和有效磷在高水平和较高水平少有分布但在低水平没有分布(表13)。

从空间分布特征来看,各镇耕地土壤有机质、全氮含量整体处于较低等级;速效钾、有效磷整体处于中等级别。各镇耕地土壤养分含量及等级分布具体表现为:坝区与泉山区交界处以及环河区部

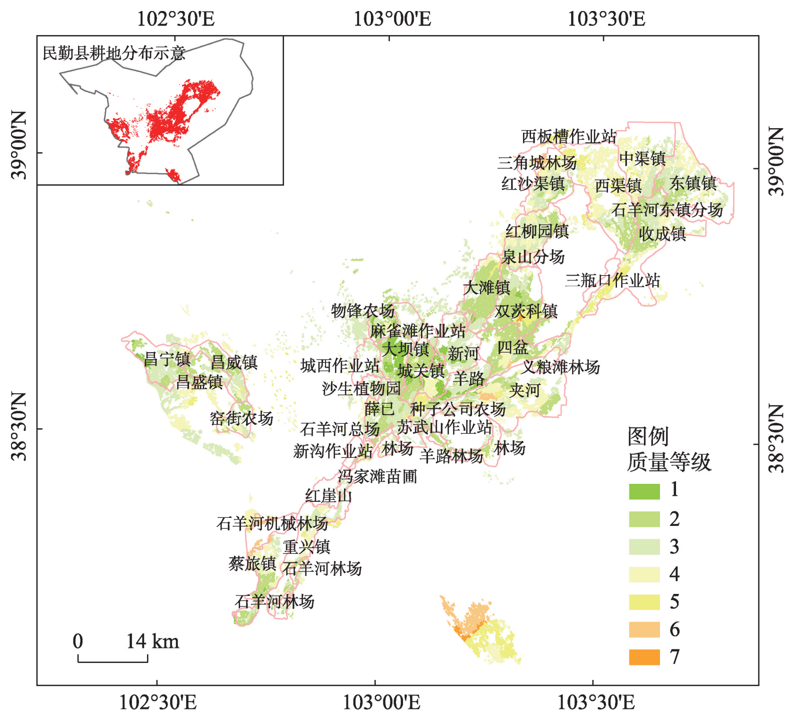


图2 民勤绿洲耕地质量等级分布

Fig. 2 Grade distribution map of cultivated land quality in Minqin County

chinaXiv:202104.00054v1

ChinaXiv合作期刊

表12 民勤绿洲各镇等级地分布面积与比例

Tab. 12 Distribution area and proportion of each grade of townships in Minqin County

面积及比例		一等地	二等地	三等地	四等地	五等地	六等地	七等地
蔡旗镇	面积/hm²	106.20	1528.43	777.04	1664.59	185.96	402.47	–
	比例/%	1.25	7.61	2.29	5.49	1.80	15.18	–
昌宁镇	面积/hm²	276.92	2376.71	5372.35	3507.76	472.08	–	–
	比例/%	3.26	11.84	15.85	11.58	4.58	–	–
大坝镇	面积/hm²	1908.72	581.27	584.17	208.60	–	–	–
	比例/%	22.44	2.90	1.72	0.69	–	–	–
大滩镇	面积/hm²	2459.50	1520.17	736.64	165.17	218.77	–	–
	比例/%	28.92	7.57	2.17	0.55	2.21	–	–
东坝镇	面积/hm²	157.67	2478.20	736.64	535.98	107.15	–	–
	比例/%	1.85	12.34	1.99	1.77	1.04	–	–
东湖镇	面积/hm²	–	40.01	662.81	2046.98	507.69	–	–
	比例/%	–	0.20	1.96	6.67	4.93	–	–
红沙岗镇	面积/hm²	105.66	1333.25	4751.61	1084.55	347.76	70.68	–
	比例/%	1.24	6.64	14.02	3.58	3.38	2.67	–
红沙梁镇	面积/hm²	–	1.57	1471.69	1044.37	288.97	262.26	0.01
	比例/%	–	0.01	4.34	3.45	2.80	9.89	0.00
夹河镇	面积/hm²	–	1271.96	1439.72	3903.56	492.67	449.57	–
	比例/%	–	6.34	4.25	12.89	4.78	16.95	–
南湖镇	面积/hm²	–	216.32	733.72	1300.37	1802.71	1330.04	1436.19
	比例/%	–	1.08	2.16	4.29	17.50	50.15	99.99
泉山镇	面积/hm²	–	662.32	2 211.64	2 341.49	44.06	46.41	–
	比例/%	–	3.30	6.53	7.73	0.43	1.75	–
三雷镇	面积/hm²	1053.29	2070.84	828.92	55.25	190.47	–	–
	比例/%	12.39	10.32	2.45	0.18	1.85	–	–
收成镇	面积/hm²	–	544.92	1714.52	2594.39	1561.05	–	–
	比例/%	–	2.71	5.06	8.56	15.15	–	–
双茨科镇	面积/hm²	2101.74	2537.58	302.61	814.88	–	90.69	–
	比例/%	24.71	12.64	0.89	2.69	–	3.42	–
苏武镇	面积/hm²	304.85	1754.42	3770.50	1501.08	330.55	–	–
	比例/%	3.58	8.74	11.12	4.95	3.21	–	–
西渠镇	面积/hm²	–	151.30	3531.59	4810.17	3515.06	–	–
	比例/%	–	0.75	10.42	15.88	3.21	–	–
薛百镇	面积/hm²	–	646.72	2453.56	1766.79	34.26	–	–
	比例/%	–	3.22	7.24	5.83	0.33	–	–
重兴镇	面积/hm²	29.82	358.93	1878.00	949.15	203.72	–	–
	比例/%	0.35	1.79	5.54	3.13	1.98	–	–

注：– 表示民勤县各乡镇耕地无此等级地的分布。下同。

表13 民勤绿洲耕地土壤养分分级面积统计

Tab. 13 Statistics of grading area of cultivated soil nutrients in Minqin County

土壤养分含量及占耕地面积比例		一级(高)	二级(较高)	三级(中)	四级(较低)	五级(低)
有机质	含量/g·kg⁻¹	>25.00	20.00~25.00	15.00~20.00	10.00~15.00	≤ 10.00
	占耕地面积/%	–	–	0.97	81.39	17.64
全氮	含量/g·kg⁻¹	>1.80	1.50~1.80	1.00~1.50	0.50~1.00	≤ 0.50
	占耕地面积/%	–	–	0.14	97.33	2.53
有效磷	含量/mg·kg⁻¹	>40.00	30.00~40.00	20.00~30.00	10.00~20.00	≤ 10.00
	占耕地面积/%	0.01	20.06	64.69	15.24	–
速效钾	含量/mg·kg⁻¹	>250.00	200.00~250.00	150.00~200.00	100.00~150.00	≤ 100.00
	占耕地面积/%	–	6.90	57.74	35.36	–

chinaXiv:202104.00054v1

ChinaXiv合作期刊

表14 民勤绿洲各镇耕地土壤养分含量与等级分布

Tab. 14 Soil nutrient content and grade distribution of cultivated land in various towns in Minqin County

镇名称	有机质		全氮		有效磷		速效钾	
	平均值/g·kg-1	等级	平均值/g·kg-1	等级	平均值/mg·kg-1	等级	平均值/mg·kg-1	等级
蔡旗镇	13.95	中等	0.88	较低	25.46	中等	159.60	中等
昌宁镇	10.72	较低	0.63	较低	23.30	中等	184.29	中等
大坝镇	12.64	较低	0.79	较低	32.40	较高	203.01	较高
大滩镇	11.63	较低	0.73	较低	33.45	较高	167.85	中等
东坝镇	11.43	较低	0.69	较低	26.49	中等	162.86	中等
东湖镇	10.71	较低	0.61	较低	22.87	中等	161.08	中等
红沙岗镇	11.68	较低	0.72	较低	28.33	中等	176.79	中等
红沙梁镇	9.67	低	0.58	较低	24.41	中等	132.75	较低
夹河镇	10.99	较低	0.68	较低	20.31	中等	146.12	较低
南湖镇	9.39	低	0.56	较低	15.98	较低	165.16	中等
泉山镇	10.23	较低	0.63	较低	26.94	中等	128.92	较低
三雷镇	13.04	较低	0.81	较低	32.88	较高	177.95	中等
收成镇	10.47	较低	0.60	较低	22.95	中等	139.95	较低
双茨科镇	11.30	较低	0.69	较低	29.90	中等	162.50	中等
苏武镇	11.96	较低	0.73	较低	26.40	中等	152.93	中等
西渠镇	9.77	低	0.59	较低	20.58	中等	133.06	较低
薛百镇	11.95	较低	0.73	较低	22.51	中等	156.50	中等
重兴镇	12.19	较低	0.76	较低	22.63	中等	170.66	中等

分镇如蔡旗镇、大坝镇、大滩镇、东坝镇、三雷镇等耕地土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾平均含量较高且蔡旗镇耕地土壤有机质、全氮含量为最高的镇。昌宁区与泉山区交界东北部以及湖区部分镇如昌宁镇、东湖镇、红沙梁镇、南湖镇、泉山镇、收成镇、西渠镇耕地土壤有机质、全氮、有效磷平均含量较均低且南湖镇为最低的镇，其中，南湖镇有机质平均含量仅为9.39 g·kg^{-1}，全氮仅0.56 g·kg^{-1}（表14）。

2.2.2 土壤盐渍化及空间分布特征分析 民勤绿洲地处内陆，属于典型的温带干旱荒漠气候，光照强，日照时间长，降水稀少，缺水状况十分明显；随之近年来，由于人们大规模以及不合理的开采地下水使得地下水反复消耗、浓缩，矿化度逐年升高，这给土壤盐渍化的产生创造了有利的外部条件[11]。盐分随地下水被人们提取并用来灌溉，使得土壤盐分再分配，土地越来越贫瘠，进而形成了大规模的盐渍土[3]。土壤盐渍化程度是衡量耕地质量好坏的重要指标之一[12]，及时、准确地了解耕地壤盐渍化状况，对于防止其进一步恶化、改良盐渍土和提高农业生产率具有重要的意义。

通过对民勤绿洲耕地土壤盐渍化级别及空间分布分析，其结果表明：民勤绿洲总耕地面积107160.14 hm^2，盐渍化耕地面积为32240.36 hm^2，占耕地总面积的30.09%；存在不同程度的盐渍化，其中，轻度盐渍化耕地面积最大，占盐渍化耕地总面积的61.46%；中度盐渍化耕地面积次之，面积占比31.08%；重度盐渍化耕地面积最小，面积占比7.46%（图3）。

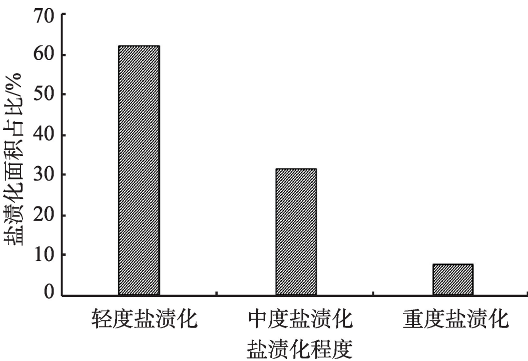


图3 民勤绿洲耕地土壤盐渍化面积分布比例

Fig. 3 Distribution ratio of cultivated land salinized area in Minqin County

chinaXiv:202104.00054v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202104.00054v1

民勤绿洲各镇耕地盐渍化状况：在湖区一带部分镇如红沙岗镇、红沙梁镇、西渠镇、东湖镇存在轻度盐渍化；其中西渠镇轻度盐渍化耕地面积为9598.17 hm^2，占比达29.77%。在昌宁镇以及环河区沿风沙线一带存在中度盐渍化，其中昌宁镇中度盐渍化耕地面积最大，占比为11.52%。坝区与山泉区交界偏东北部部分镇如大坝镇、东坝镇、泉山镇、双茨科镇耕地土壤不存在盐渍化现象(表15)。

表15 民勤绿洲各镇耕地土壤盐渍化分布面积与比例

Tab. 15 Distribution area and proportion of soil salinization in cultivated land of towns in Minqin County

盐渍化面积及比例		轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化
蔡旗镇	面积/hm^2	890.79	1811.25	327.76
	比例/%	2.76	5.62	1.02
昌宁镇	面积/hm^2	1784.57	3712.70	1372.28
	比例/%	5.54	11.52	4.26
大坝镇	面积/hm^2	–	–	–
	比例/%	–	–	–
大滩镇	面积/hm^2	8.50	–	–
	比例/%	0.03	–	–
东坝镇	面积/hm^2	–	–	–
	比例/%	–	–	–
东湖镇	面积/hm^2	2544.12	340.86	–
	比例/%	7.89	1.06	–
红沙岗镇	面积/hm^2	86.02	1052.39	213.01
	比例/%	0.27	3.26	0.66
红沙梁镇	面积/hm^2	1646.31	101.31	491.23
	比例/%	5.11	0.31	1.52
夹河镇	面积/hm^2	153.91	–	–
	比例/%	0.48	–	–
南湖镇	面积/hm^2	166.20	2141.84	–
	比例/%	0.52	6.64	–
泉山镇	面积/hm^2	–	–	–
	比例/%	–	–	–
三雷镇	面积/hm^2	296.32	430.66	–
	比例/%	0.92	1.34	–
收成镇	面积/hm^2	74.69	–	–
	比例/%	0.23	–	–
双茨科镇	面积/hm^2	–	–	–
	比例/%	–	–	–
苏武镇	面积/hm^2	2537.07	0.46	–
	比例/%	7.87	0.00	–
西渠镇	面积/hm^2	9598.17	249.96	–
	比例/%	29.77	0.78	–
薛百镇	面积/hm^2	–	–	–
	比例/%	–	–	–
重兴镇	面积/hm^2	29.77	178.21	–
	比例/%	0.09	0.55	–

3 讨 论

耕地质量是反映耕地生产能力的重要指标，是实现国家粮食安全和维护社会稳定重要保障[13-16]。我国干旱半干旱气候区占我国国土面积的49%，干旱区农业是我国农业的重要组成部分[3]。民勤绿洲为干旱区绿洲农业的典型代表，其耕地质量的好坏决定了绿洲农业的发展。通过分析可知，民勤绿洲耕地质量平均等级为3.26等；分布有一至七等级地，八、九、十等级地没有分布；三、四等级地为民勤绿洲耕地主要分布，整体处于中等水平。

在耕地地力评价过程中，土壤养分状况在一定程度上决定了耕地地力的高低[17]，土壤养分含量的高低对作物产量起着重要作用[18]。了解土壤养分的变化可以更好的为农业生产提供理论依据[19]。其中，土壤有机质是衡量土壤养分含量的重要指标之一，是土壤中各种营养元素特别是氮、磷的重要来源。由于具有胶体特性，能吸附较多的阳离子，因而使土壤具有保肥力和缓冲性[20]。也就是说土壤中有机质的含量直接影响土壤的肥效性能。氮、磷、钾是植物生长的必需养分，特别是土壤全氮元素含量是衡量土壤氮素供应状况的重要指标[21]；速效钾易于被作物在短期内吸收，其含量的高低直接反映了土壤的供钾能力的大小，是土壤肥力的重要指标之一；有效磷则是土壤供磷的重要指标[22]。通过分析可知，民勤绿洲土壤有机质含量主要集中在10.00~15.00 g·kg^{-1}之间，整体处于较低水平。全氮含量集中分布在0.50~1.00 g·kg^{-1}之间，土壤氮素明显缺乏。土壤速效钾和有效磷含量分布处于中等水平。建议在该农业生产中应该适当地控制磷肥和钾肥的施用。但对于是否补充施用氮肥仍有待进一步确定，因为在实际农业生产中农民偏好多施用氮肥，理论上又与土壤中氮素表现为严重缺乏状态相悖，应提高重视并加以解决才能真正实现节本增效。

土壤盐渍化是干旱半干旱区土地退化的重要表现，同时也是影响干旱半干旱农业生产和生态安全的重要因素[20]。本研究结果表明，民勤绿洲耕地存在盐渍化的耕地面积为32240.36 hm^2，占民勤绿洲耕地总面积的30.09%；主要以轻度盐渍化为主。民勤绿洲地处西北内陆，远离海洋，水汽很难深入，降水稀少，气候干燥，属于典型的温带大陆性气候，

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202104.00054v1

是全国极端干旱地区之一。四季多风,风沙天气频繁,在这样的气候条件下,风化物中的可溶性盐分不易被淋溶,在蒸发的作用下土壤盐分在表层积聚容易导致土壤盐渍化[23];且在湖区的西渠、收成东南部和双茨科、六坝、夹河东部、昌宁、昌盛一带地形相对较低的地段上以湖相沉积的盐化灌淤土为主要土壤,土壤盐渍化较为严重,作物受盐害较重,生长发育不良。再者由于入境水量减少,生活和农业灌溉用水量加剧,大面积的开采地下水致使地下水位下降,水的矿化度增高,以及不合理的灌溉方式直接导致区域性水量减少,水质变差,土壤盐渍化严重[2]。因此在农业生产中,在存在盐渍化耕地区域压缩粮田面积,推广耐盐碱作物,如棉花、茴香等,推广防碱栽培技术,如地膜覆盖、膜下滴灌等。

4 结 论

(1) 民勤绿洲耕地质量平均等级为3.26等;分布有一至七等级地,八、九、十等级地没有分布;三、四等级地为民勤绿洲耕地质量等级的主体,面积占比分别为31.63%、28.27%。泉山区中部和坝区灌溉农业区多分布一、二等级地。湖区灌溉区多分布三、四等地。在绿洲边缘带较多分布五、六、七等地。

(2) 民勤绿洲耕地土壤有机质平均含量在10.00~15.00 g·kg^{-1}之间,全氮平均含量在0.50~1.00 g·kg^{-1}之间,总体处于较低水平。有效磷和速效钾总体处于中等水平。空间分布来看,坝区与泉山区交界处以及环河区镇如蔡旗镇、大坝镇、大滩镇、东坝镇、三雷镇等耕地土壤养分平均含量较高。昌宁区、泉山区与坝区交界东北部以及湖区镇如昌宁镇、东湖镇、南湖镇、泉山镇、西渠镇耕地土壤养分平均含量较均低。

(3) 民勤绿洲存在盐渍化耕地的面积为32240.36 hm^2,占民勤绿洲耕地总面积的30.09%;且以轻度盐渍化为主,其次是中度盐渍化,重度盐渍化耕地面积最小,占比7.46%。轻度盐渍化多分布在湖区红沙岗镇、红沙梁镇、西渠镇等镇;中度盐渍化分布在昌宁镇以及环河区沿风沙线一带。

综上,分析研究民勤绿洲耕地质量等级的分布及其耕地土壤养分、盐渍化现状的目的是为了及时准确掌握绿洲耕地地力状况防止土壤障碍因素进一步恶化以及改良盐渍土和提高农业生产率提供一定依据。民勤绿洲耕地土壤养分相对匮乏,且土壤有机质和全氮明显缺乏;耕地土壤主要以轻度盐渍化为主。空间分布特征来看,昌宁镇、湖区以及环河区沿风沙线一带耕地土壤养分含量低且存在明显的盐渍化现象。在日后的耕地质量等级提升以及培肥土壤改良盐渍化的措施中应加大对湖区、环河区以及沿风沙一带耕地的力度。

参考文献(References)

[1] 冯耀祖, 耿庆龙, 陈署晃, 等. 基于GIS的县级耕地地力评价及土壤障碍因素分析[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(12): 2281-2286. [Feng Yaozu, Geng Qinglong, Chen Shuhuang, et al. Evaluation of soil fertilities of farmland at county level based on GIS and analysis of obstacle factors[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48 (12): 2281-2286.]

[2] 柳菲. 民勤绿洲土壤水盐特征及其与地下水的关系[D]. 兰州: 兰州大学, 2019. [Liu Fei. Characteristics of soil water and salt and its relationship with groundwater in Minqin Oasis[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2019.]

[3] 杨朋朋. 民勤绿洲地带理化性质及盐渍化研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2018. [Yang Pengpeng. Study on the physical and chemical properties and salinization of Minqin Oasis zone[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2018.]

[4] 姜宛贝. 干旱区土地退化遥感监测方法研究——以甘肃省民勤为例[D]. 北京: 中国农业大学, 2017. [Jiang Wanbei. Study of land degradation remote sensing monitoring method in the arid region using Minqin County[D]. Beijing: China Agricultural University, 2017.]

[5] 李丹, 张勃, 戴声佩, 等. 民勤绿洲耕地荒地退耕还林地土壤肥力及物理特性比较研究[J]. 土壤, 2011, 43(3): 398-405. [Li Dan, Zhang Bo, Dai Shengpei, et al. Comparison of soil fertility and physical properties of farmland, wasteland and returning farmland to forest in Minqin Oasis[J]. Soil, 2011, 43(3): 398-405.]

[6] 柳菲, 陈沛源, 于海超, 等. 民勤绿洲不同土地利用类型下土壤水盐的空间分布特征分析[J]. 干旱区地理, 2020, 43(2): 406-414. [Liu Fei, Chen Peiyuan, Yu Haichao, et al. Spatial distribution characteristics of soil water and salt under different land use types in Minqin[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(2): 406-414.]

[7] 赵义博, 雷少刚, 刘英. 胜利矿区土壤养分空间变异特征与影响因素[J]. 土壤, 2020, 52(2): 356-364. [Zhao Yibo, Lei Shaogang, Liu Ying. Spatial variability and influencing factors of soil nutrients in Shengli mining area[J]. Soil, 2020, 52(2): 356-364.]

[8] 张世昌. 干旱区绿洲农业现代化质量空间分异——以民勤绿洲为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2016. [Zhang Shichang. A research on the spatial distribution and types of the development level of agricultural modernization within arid oasis-taken Minqin for example [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2016.]

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202104.00054v1

[9] Zhang S L, Zhang X Y, Liu X B, et al. Spatial distribution of soil nutrient at depth in black soil of northeast China: A case study of soil available potassium[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2013, 95(3): 319-331.

[10] 邓宝山, 瓦哈甫·哈力克, 党建华, 等. 克里雅绿洲地下水埋深与土壤盐分时空分异及耦合分析[J]. 干旱区地理, 2015, 38(3): 599-607. [Deng Baoshan, Wahf Halik, Dang Jianhua, et al. Coupled analysis of spatio-temporal variability of groundwater depth and soil salinity in Keriya Oasis[J]. Arid Land Geography, 2015, 38(3): 599-607.]

[11] 塔西甫拉提·特依拜, 张飞, 丁建丽, 等. 干旱区典型绿洲盐渍化土壤空间信息研究[J]. 干旱区地理, 2007, 30(4): 544-551. [Taxifulati Teyibai, Zhang Fei, Ding Jianli, et al. Spatial information on salinization of typical oases in arid areas[J]. Arid Land Geography, 2007, 30(4): 544-551.]

[12] 刘彦伶, 李渝, 秦松, 等. 西南喀斯特生态脆弱区实行轮作休耕问题探讨: 以贵州省为例[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(8): 1117-1124. [Liu Yanling, Li Yu, Qin Song, et al. A discussion on land fallow rotation problems in ecologically fragile areas of the southwest karst area: A case study of Guizhou Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26(8): 1117-1124.]

[13] 张慧, 王洋. 中国耕地压力的空间分异及社会经济因素影响: 基于342个地级行政区的面板数据[J]. 地理研究, 2017, 36(4): 731-742. [Zhang Hui, Wang Yang. TSpatial differentiation of cropland pressure and its socio-economic factors in China based on panel data of 342 prefectural-level units[J]. Geographical Research, 2017, 36(4): 731-742.]

[14] 徐志超, 于东升, 潘月, 等. 长三角典型区占补耕地土壤肥力的时段特征[J]. 应用生态学报, 2018, 29(2): 617-625. [Xu Zhichao, Yu Dongsheng, Pan Yue, et al. Temporal characteristics of soil fertility of cropland requisition-compensation in the typical region of Yangtze River Delta, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(2): 617-625.]

[15] 张超, 乔敏, 郧文聚, 等. 耕地数量、质量、生态三位一体综合监管体系研究[J]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 1-6. [Zhang Chao, Qiao Min, Yun Wenju, et al. Trinity comprehensive regulatory system about quantity,quality and ecology of cultivated land[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2017, 48(1): 1-6.]

[16] 田立文, 祁永春, 戴路, 等. 新疆南疆耕地土壤养分含量及其分布特征评价: 以阿克苏地区为例[J]. 核农学报, 2020, 34(1): 214-223. [Tian Liwen, Qi Yongchun, Dai Lu, et al. Evaluation of soil nutrient content and its distribution of cultivated land in south of Xinjiang: Taking Aksu Prefecture as an example[J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2020, 34(1): 214-223.]

[17] 张彬, 杨联安, 杨粉莉, 等. 苹果主产区土壤养分空间分布特征及其影响因素: 以陕西省礼泉县为例[J]. 土壤, 2016, 48(4): 777-784. [Zhang Bin, Yang Lian'an, Yang Fanli, et al. Spatial distribution of soil nutrients and their influential factors in apple production area: A case study of Liquan County, Shaanxi Province[J]. Soil, 2016, 48(4): 777-784.]

[18] 袁维翰. 燕山低山丘陵土壤养分变化及氮磷钾的产量效应[D]. 保定: 河北农业大学, 2013. [Yuan Weihan. Soil nutrients change and yield effect of N、P、K in low mountain and hill of Yanshan [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2013.]

[19] 石博文, 赖欣, 李洁, 等. 尿素与有机肥配施对棕红壤氮素转化的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(5): 938-945. [Shi Bowen, Lai Xin, Li Jie, et al. Effect of interaction between manure and urea on transformation of nitrogen in brown red soil[J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2017, 31(5): 938-945.]

[20] 赵明松, 李德成, 张甘霖, 等. 1980—2010年安徽省耕地表层土壤养分变化特征[J]. 土壤, 2018, 50(1): 173-180. [Zhao Mingsong, Li Decheng, Zhang Ganlin, et al. Changes of soil nutrient contents of cultivated lands in Anhui Province from 1980 to 2010[J]. Soil, 2018, 50(1): 173-180.]

[21] 高一帆. 陕西省土壤养分空间变异及其耕地质量评价研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019. [Gao Yifan. Spatial variability of soil nutrients and evaluation of cultivated land quality in farmland of Shaanxi Province[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2019.]

[22] 屈玉玲. 永济市耕地土壤盐渍化现状及改良利用措施[J]. 中国农技推广, 2015, 31(9): 39-42. [Qu Yuling. Soil and water conservation in China[J]. China Agricultural Technology Extension, 2015, 31(9): 39-42.]

[23] 李保雄, 韩庆宪. 民勤县绿洲沙漠化盐渍化成因及其治理途径[J]. 中国水土保持, 1989(7): 41-65. [Li Baoxiong, Han Qingxian. The causes of desertification and salinization in oasis of Minqin County and their control approaches[J]. Soil and Water Conservation in China, 1989(7): 41-65.]

ChinaXiv合作期刊

Evaluation of cultivated land quality and analysis of soil nutrients and salinization in arid areas: Taking Minqin Oasis as an example

MA Qianqian[1], DONG Bo[2], XU Wangwang[1], CAI Liqun[1,2], WU Jun[1,2]

(1. College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Provincial Key Laboratory of Arid Land Crop Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: The Minqin area, Gansu Province, China has a typical temperate continental arid climate zone, a unique natural condition, suitable for accumulating sugar in crops. Recently, because of the massive exploitation of groundwater resources, the groundwater level has declined. Furthermore, the degree of water mineralization has increased, and land desertification and salinization has increased significantly, severely restricting the development of agriculture in arid areas. This study is based on the measures for investigation, Monitoring and Evaluation of Cultivated Land Quality issued by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs (2016 No. 2 of the Ministry of Agriculture), the national standards of Cultivated Land Quality Grading (GB/T33469−2016), and the Comprehensive Agricultural Regionalization of China. Furthermore, this study analyzes the quality of cultivated land in the Minqin Oasis and provides a scientific basis and countermeasures for protecting and improving cultivated land quality in the Minqin Oasis. The results show that the average arable land quality grade of the Minqin Oasis is 3.26. The land is distributed from one to seven grades, whereas the eighth, ninth, and tenth grades are undistributed. The third and fourth graded lands are the main body of the cultivated land quality grades in the Minqin Oasis, and the area proportions are 31.63% and 28.27%, respectively. Most irrigated agricultural areas in the middle of the Quanshan District and dam area are distributed in the first and second graded lands. Irrigation areas in the lake area are mostly distributed in third and fourth graded lands. More areas exist, such as five, six, and seven on the edge of the oasis. The average soil organic matter content in the cultivated land of the Minqin Oasis is between 10.00 and 15.00 $g \cdot kg^{-1}$, and the average total nitrogen content is between 0.50 and 1.00 $g \cdot kg^{-1}$, which is generally at a low level. Available phosphorus and potassium are at medium levels. The area of salinized arable land in the Minqin Oasis is 32240.36 hm^2, accounting for 30.09% of the total arable land. Light salinization is dominant, followed by moderate and severe salinization. Chemical cultivated land is the smallest, accounting for 7.46%. Slight salinization is mostly distributed in Hongshagang, Hongshaliang, Xiqu, and other towns in the lake area. Moderate salinization is distributed in Changning and along the wind-sand line in the Huanhe District. Shortly, the cultivated land in the Minqin Oasis is deficient in soil nutrients, and the soil organic matter and total nitrogen are deficient. The cultivated land soil is predominantly lightly salinized. From the perspective of spatial distribution characteristics, the cultivated land soil nutrient content in Changning, the lake area, and the area along the wind-sand line in the surrounding river area is low, with obvious salinization. To improve the quality of cultivated land and soil fertility and minimize salinization, efforts should be made to increase the intensity of cultivated land in lake areas, river-circling areas, and wind and sand.

Key words: cultivated land quality evaluation; analytic hierarchy process; arable land resource management information system of a county; Minqin Oasis

chinaXiv:202104.00054v1